

制約理論（TOC）に基づく生産計画システム

A Production Scheduling System Based on the Theory of Constraints (TOC)

山下 洋 史
Hiroshi Yamashita

目 次

1. はじめに
2. MRP システムと基準生産計画（MPS）
3. サプライチェーン・マネジメント（SCM）と制約理論（TOC）
4. 「TOC に基づく MPS 自動作成システム」の提案
 - 4.1 システムの概要
 - 4.2 ファイル構成
 - 4.3 MPS 作成手順
 - 4.4 期待される効果
5. おわりに

1. はじめに

今日の生産管理において、MRP（Material Requirements Planning；資材所要量計画）システムは JIT システム（ジャスト・イン・タイム生産方式、トヨタ生産方式、かんばん方式）とともに二大システムといわれており、どちらも「必要なものを必要なときに必要なだけ作る」というジャスト・イン・タイムの思想を基本としている [1]。MRP システムにおいて、この思想は最終製品の基準生産計画（Master Production Schedule；以下「MPS」と表すことにする）にすべての部品、原材料の生産を合わせることを意味する。したがって、最終製品以外の工程の生産負荷は基本的に無視される（通常、最終製品の工程の生産負荷は MPS を作成する際に考慮されるが、MRP システムとしては最終工程についても生産負荷は無視される）ため、それらの生産能力はあたかも無限大であるかのように取り扱われる。

しかし、生産能力が無限大ということは実際にはありえないことであるため、生産能力が小さい工程の場合、とりわけそこに負荷が集中した場合、納期遅延を発生させる原因（制約条件）となる。もし、それが制約条件でなくても、納期を守るために間接要員が煩雑な調整を繰り返すことが当たり前になっており、結果的に間接コストを引き上げる要因となっている。

一方、近年サプライチェーン・マネジメント（Supply Chain Management；以下「SCM」と表すことにする）が多くの企業で注目されている。SCM は、これまで個別企業や個別部門ご

とに行われてきた自社や自部門の最適化を、供給連鎖（サプライチェーン）全体の最適化へとシフトさせるマネジメント・コンセプトである[2]。また、企業環境の global 化、情報化の流れの中で「Global SCM」, 「e-SCM」[3]-[7] という新たなタイプの SCM 研究も展開され始めている。さらに、我々は先行研究[8]において、これらのシナジーをめざした「Global e-SCM」の概念を提示している。

SCMにおいて、その基本となる考え方の一つに制約理論（TOC ; Theory Of Constraints）がある。TOCは、サプライチェーンをシステムとして捉えた上で、「システムの目的（ゴール）達成を阻害する制約条件を見つけ、それを活用・強化するための経営手法」[9]であり、市場の変化への迅速な対応、同期化した対応を可能にしようとするものである。MRPシステムでは最終製品の生産のスピードにすべての工程が合わせるのに対して、SCMでは制約条件となる工程に他の工程が合わせるのである。その上で、制約条件の改善と同じペースですべての工程の生産性を高めることにより、サプライチェーン全体としてのスループットを拡大していくわけである。

本研究では、多くの企業においてすでに、MRPシステムが生産管理のコンピュータ・システムとして定着しているという現状をふまえて、MRPシステムをSCMに置き換えることを考えるのではなく、MRPシステムにTOCのロジックを組み込むことを試みる。それと同時に、MRPシステムにおいてこれまで人手に頼ってきたMPSの作成を自動化することを考える。そこで、MRPシステムのMPSを作成する際に、ボトルネックとなる工程を見つけ、その生産能力に合わせ込むような計画を作成するための「自動MPS作成システム」を提案する。

その際、MRPシステムでは最終工程（独立重要品目）に全体を合わせ込み、TOCでは制約条件（ボトルネック）に全体を合わせ込むため、MRPシステムにTOCのロジックを組み込むことは、不整合を起こすかのようにも見える。しかし、両者はともに「ある工程に全体を合わせ込む」というシンプルなスケジューリングのロジックであるため、MRPシステムにおいてMPS（最終工程の生産計画）をボトルネックに合わせ込めば、すべての工程を最終工程とボトルネックの両方に合わせ込むことができるのである。すなわち、すべての工程は、最終工程に従うと同時に、MPSを介してボトルネックの生産能力に従うことになるのである。このように作成されたMPSをMRPシステムに与えれば、これまでのMRPシステムの枠組みの中で、所要量計算、オーダー発行、在庫管理等を行うことが可能となる。

提案システムは、従来のMRPシステムのデータベースと運用ノウハウを生かしながら、TOCに基づくサプライチェーン全体のマネジメントを行うとともに、これまで非常に手間がかかっていたMPS作成を自動化する上で、新たな方向性を示唆するものであると考えられる。

2. MRPシステムと基準生産計画（MPS）

MRPとは、Materials Requirements Planning（資材所要量計画）を意味し、このためのシステム、すなわち「資材所要量計画システム」が狭義のMRPシステムに相当する。しかしなが

ら、生産管理システムとしての MRP システムは、必要なものを必要なときに必要な分だけ作るための資材所要量計画を核としながらも、在庫管理、資材・購買管理、原価管理、技術情報等を含んだ総合的なシステムである。MRP システムも JIT システムと同様に「ジャスト・イン・タイム」の思想に基づいている。

MRP システムの最大の特徴は、製品の計画（基準生産計画；MPS）のみをコンピュータに与えれば自動的に所要量展開が行われ、部品はコンピュータが計算する資材所要量計画（狭義の MRP）にしたがうことである。これにより、必要なもの以外は作らせない、また必要なものであっても必要なときにしか作らせないということを徹底し、むだな仕掛在庫を持たないようにするのである。

したがって、MRP システムは最終工程（多くの場合、製品）の計画（MPS）に、すべての前工程の計画を合わせ込む（同期化させる）ところに特徴がある。この「最終工程」は、サプライチェーンの中で最も市場に近いところに位置する。すなわち、MRP システムにおいてすべての工程が同期化を図るべき最終工程は、市場の動向を最も良く反映するところに位置するのである。言い方を変えれば、MRP システムは MPS を通して、市場の動向をサプライチェーン全体にストレートに反映させる構造になっているということになる。

そこで、MRP システムでは、いかにして「優れた MPS」を作成するかが課題となる。これは、基本的にスケジューリングの領域に位置する問題である。スケジューリング問題は、多目的で複雑で問題設定が多岐にわたり、最適化が困難であることから、これまで「非常に厄介な問題」とされてきた。この厄介な問題に対してシンプルかつ統一的な計画方法を提示する役割を果たした生産管理システムが、ここで述べている MRP システムである。そのため、MRP システムは世界中の多くの企業に採用され、最も広く企業に普及した生産管理システムとしての地位を築いたのである。

しかしながら、MRP システムでは、非常にシンプルなスケジューリングを行うがゆえに、生産リードタイムを「固定値」として扱い、生産工程の負荷を考慮しない「無限負荷山積」手法を用いてきたという大きな問題点がある [10]。ここに、MRP システムにおいて計画と現実のギャップを生じさせる主たる要因が存在する [5]。このような問題点に対応するため、多くの MRP システムに負荷オーバーを知らせる機能が導入されるようになったのであるが、負荷をならして実行可能な計画にするのは人手に頼ってきたのが実状であった。

そこで、多くの「有限負荷山積」スケジューリング手法が開発され、対象範囲や前提条件を限定した個別の問題に対してはある程度の効果を発揮するようになってきた。しかし、これらのスケジューリング手法は問題設定が多岐にわたっており、MRP システムのように対象範囲の広い一般的な生産管理に用いるには、不十分であった。その結果、MRP システムを導入した多くの企業では、生産を熟知したベテラン生産計画担当者が経験と勘でスケジューリングを行ってきたのである [10]。本研究は、このような問題点に目を向け、MRP システムの枠組みの中で TOC の考え方にしがちながスケジューリングを自動的に行うための方法を提示しようとするもの

である。

一方、MRPシステムでは、市場の動向（受注または需要予測）にしたがって、計画部門が独立重要品目（多くの場合、製品）の計画（MPS）を作成すれば、従属需要品目（部品）の計画は、コンピュータがMPSを基に所要量展開することにより、自動的に作成される。ここで注意しなければならないのは、従属需要品目の計画作成を「自動化」することがMRPシステムの目的ではなく、自動的に作成することにより「独立需要品目が必要とするものだけを必要な分だけ必要な納期で生産するようにすること」を目的としているという点である。言い換えれば、不必要な従属需要品目の計画は作成させないということになる。これにより、ジャスト・イン・タイムの思想に基づいた生産計画が作成されるのである。そこで、MRPシステムの運用としては、最終製品のみが独立需要品目で、それに使用される部品はすべて従属需要品目であることが望ましい。なぜなら、ある一部の部品を独立需要品目にすると、その部品は製品に使用される計画（需要）がなくても、MPSを設定すれば生産されることになり、むだな在庫を作ることにつながるからである。

以上のことをふまえると、もしMPSの自動作成を行うことができれば、MPS作成から所要量展開、オーダー発行に至るまで、MRPシステムの処理の自動化が可能となることがわかる。それと同時に、MPS作成のロジックにTOCの考え方を導入することにより、独立需要品目のみならず従属需要品目の生産能力も考慮に入れた計画が作成されるようになることが理解される。そこで本研究では、これらの点に注目し、第4節において「TOCに基づくMPS自動作成システム」を提案する。

3. サプライチェーン・マネジメント（SCM）と制約理論（TOC）

SCMにおいて、その中核に位置づけられる理論が、「制約理論」（TOC [2]）である。TOCの出発点は、生産システムの関係者の頭を長年悩ませてきた「スケジューリング問題」に対する、シンプルで汎用的なソフトウェアの開発にある。このスケジューリング・ソフトウェアは、OPT（Optimized Production Technology）と呼ばれる。

スケジューリング問題は、前述のように、多目的で複雑で、最適化が困難であるため、これまで「非常に厄介な問題」とされてきた。この厄介な問題に対してシンプルかつ統一的な計画方法を提示するという意味で、最も広く企業に貢献した生産管理システムがMRPシステムであるが、一方でMRPシステムには、非常にシンプルなスケジューリングを行うがゆえに、生産リードタイムを「固定値」として扱い、従属需要品目の負荷を考慮しない「無限負荷山積」手法を用いているという大きな問題点が存在する [10]。MRPシステムの計画通りに生産が行われれば、ジャスト・イン・タイムという点で理想的であるが、実際には計画と現実の間にギャップを生じさせることが多かったのである。

そこで、このような問題点に対応するため、多くの「有限負荷山積」スケジューリング手法が

開発されたが、これらのスケジューリング手法は問題設定が多岐にわたり、MRP システムのように、どのような問題に対してもシンプルかつ統一的な計画方法を提示するものではなかった。その結果、多くの企業において現実にはベテラン生産計画担当者の経験と勘に頼って MPS を作成してきたのである。

このような状況のもとで、ゴールトラットにより開発されたシンプルで汎用的なスケジューリング・ソフトウェアが、OPT である。しかし、彼は OPT の詳しいロジックを一切公表せず、この基本原理をわかりやすく説明した小説「ザ・ゴール」[11] を出版した。これが、ベストセラーとなったことは記憶に新しいが、このようなタイプの小説がベストセラーになるのはとても珍しいことである。

その一方で、OPT を導入した企業の多くが、そのソフトウェア導入にばかりエネルギーを集中させてしまい、経営者や管理者の意識を変革させる「マインドウェア」の面に対する注意の配分 [12] が不十分になるという問題が生じた。そこで、ゴールトラットは OPT の改善を考え、その背後にある原理を TOC へと発展させた。これにより、OPT のスケジューリング・ソフトウェアは、制約条件に改善活動を集中させる TOC の理論へと進展していったのである [10]。

TOC とは、サプライチェーンをシステムとして捉えた上で、「システムの目的（ゴール）達成を阻害する制約条件を見つけ、それを活用・強化するための経営手法」である [2]。これにより、SCM において市場の変化への迅速な対応、同期化した対応を可能にし、企業競争力を高めるのである。

ここで、目的達成を阻害する制約条件は、多くの場合「ボトルネック」を意味する。サプライチェーン全体のパフォーマンスを決定づける要素は、最も条件の良い工程（例えば、最も生産能力の高い工程）やサプライチェーン全体の平均ではなく、ボトルネック（最も条件の悪い工程；例えば、最も生産能力の低い工程）である [13]。従来は、各工程が別個に生産性を向上させるための改善を行ってきたが、ボトルネックをそのままにして他の工程をいくら改善しても仕掛り在庫を増加させるだけで、全体のスループット向上には結びつかない。それだけでなく、交通渋滞と同様に、かえって仕掛り在庫がスムーズな生産の達成を妨害してしまうことも多い。そこで、SCM ではサプライチェーン全体の目的（ゴール）達成を阻害する制約条件（ボトルネック）を見つけ、その部分に全体を合わせると同時に、その部分を改善していくことにより、すべての部分を同期化させながらスループット^①を向上させ、全体最適の達成をめざすのである。

筆者 [9] は、SCM において注意すべき点として、SCM が全体最適をめざすために集権的なコントロールを強化して、各工程・各部門の主体的な改善を否定しようとするものではないということを指摘している。SCM において、全体最適のための改善の源泉は人間の知的・創造的活動である。そのため、「個の自律性の尊重」を基本的なスタンスとしている。個の自律性を尊重しながら全体最適をめざすためには、サプライチェーン全体に共有された目的・価値に基づく的確な水平的コーディネーションが要求される。それは、「野放し」の個の自律性の尊重では部分最適（これを筆者 [14] は「局所最適」と呼んでいる）をもたらす可能性が高くなってしまった

めである。

このように、SCM では、部門、企業の壁を越えた調整（水平的コーディネーション）や意思決定が必要となるため、「情報の共有化」が重要である。なぜなら、集権的コントロールに基づく全体最適の追求であれば、各部門、各企業はセンターが作成した計画通りに実行さえすれば良いのであるが、個の自律性を尊重した SCM では、情報の共有化により意思決定の基盤をそろえることが必要となるからである [13]。そのために SCM では、インターネットを中心とした IT の活用が重要なポイントとなるのである [15]。

筆者 [9] は、この「情報の共有化」に注目し、BPR（Business Process Reengineering；リエンジニアリング [16]）を媒介として SCM と日本の組織特性を対応づけるための「拡張代替的双対モデル」を提案している。これは、個別企業を対象としてきた、筆者の「代替的双対モデル」[17] を、サプライチェーン全体に「拡張」したものであり、全体最適における「全体」の範囲の違いを表現している。また、業務プロセスの分権性にともなう局所最適の追求を IT の活用による情報の共有化が防止するという意味で、日本の人事管理の集権性とリエンジニアリングにおける IT の活用との代替性に類似した関係として、日本の系列親企業を中心とした企業グループにおける帰属意識と SCM の企業群における IT の活用との関係を位置づけ、代替的双対モデルを拡張している。

これにより、日本において企業グループ（主として系列親企業）への高い帰属意識・忠誠心が分権的な業務プロセスによる局所最適の追求を防止するという役割を、SCM では IT、とりわけ情報ネットワークの積極的活用による「情報の共有化」が果たすことを示唆している。そして、SCM と BPR に共通した特性である分権的な業務プロセスを、職場内コンピューティング（On the Job Computing；OJC）[18]–[21] が補完するという新たな視点を提示している。

さらに、JIT システムでは最終工程のスピードにすべての前工程が合わせ込むのに対し、SCM ではボトルネックとなる工程のスピードに他のすべての工程が合わせ込むという相違点を持つ一方で、両者とも個の自律性の尊重にともなう分権的な業務プロセスとそれによる局所最適の追求を防止する方策を内包しているという類似点を持つことを指摘している。

4. 「TOC に基づく MPS 自動作成システム」の提案

4.1 システムの概要

MRP システムは、Just In Time の思想に基づいているため、MPS の作成の際に従属需要品目の生産能力を考慮しないことは前述の通りである。しかし、これにより従属需要品目の生産が納期に間に合わない（負荷オーバーの）場合も生じる。そのような場合は、従属需要品目のライン能力を考慮せざるを得ない。すなわち、納期達成上ネックとなる従属需要品目を生産する工程（ライン）の能力が MPS 作成の際の制約条件となるのである。

MRP システムは、JIT システムと同様に、最終工程（独立重要品目）に全体を合わせ込むと

ころに特徴がある。これにより、Just In Time の実現をめざすのである。これに対して、SCM における TOC では制約条件（ボトルネック）に全体を合わせ込むことは前述の通りである。したがって、両者は「何に全体を合わせ込むか？」について全く異なる思想を持っているのである。

そのため、MRP システムに TOC のロジックを組み込むことは、システムの核となるロジックに不整合を起こすかのようにも見える。しかし、見方を変えると「ある工程に全体を合わせ込む」というシンプルなスケジューリングのロジックである点で両者は共通した思想を持っているのである。したがって、MRP システムにおいて MPS（最終工程の生産計画）をボトルネックに合わせ込めば、すべての工程を最終工程とボトルネックの両方に合わせ込むことができるのである。すなわち、すべての工程は、最終工程に従うと同時に、MPS を介してボトルネックの生産能力に従うことになるのである。このような両者の間の微妙な関係に注目すると、互いに不整合を起こさずに TOC のロジックを MRP システムの中に組み込むことが可能になるものと思われる。

そこで本研究では、大手メーカー A 社の事例^②を参考に、前述のような MRP システムの問題点に対応すべく、ボトルネック工程の生産能力を加味した「MPS 自動作成システム」を提案する。このシステムは、「MPS は人間が作成する」という常識を覆す点、および MRP システムに TOC の考え方を導入する点に大きな特徴がある。すなわち、

① MPS の自動作成による生産計画業務の効率化

② 納期達成上ネックとなる従属需要品目のライン能力を考慮した MPS の作成
を意図したシステムである。それに加えて、

③ 業者に対する発注金額の安定化

への対応についても考慮している。

とりわけ②については、現実問題としての MRP システムの問題点を補うものであり、このシステムの最大の特徴となっている。これは、ボトルネック工程（制約条件）にシステム全体を合わせるという、SCM における TOC と同様の考え方を意味する。

ただし、このような計画作成業務の「自動化」は、筆者がこれまでの研究 [22]–[25] で主張してきた「人間の知的、創造的活動の支援」や（人間の）「自動化」の考え方に反するように見えるかもしれない。確かに、計画作成業務が人間の知的活動であることは間違いない。しかし、それと同時に定期的に繰り返される「定型的業務」でもある。また、ラインに計画を配分する際の負荷計算は、単純な計算の繰り返しであるため、それに対する正確さとスピードが要求される。さらに、計画を作成するために必要な膨大な量の情報（後述のファイル構成を参照）は、一人の人間にとって処理可能な許容範囲を超えている。そこで、通常は何人かの担当者が手分けして MPS を作成するのであるが、その場合、納期達成や発注金額の安定化の面での全体最適の実現はむずかしくなる。特に、膨大な量の情報を相手にしなければならないことは、部品（従属重要品目）のライン能力まで詳細に加味しきれないことを意味する。このように、MPS 作成の際の多くの問題点に対して本研究の提案システムの意義を見出すことができる。したがって、上記の

計画作成業務の「自動化」が、「人間の知的、創造的活動の支援」や（人間の）「自働化」の考え方に反すると捉えるよりも、このシステムのデータベース（以下「D/B」と表すことにする）を整備し、システムを効果的に運用するという行動自体が、「人間の知的、創造的活動」であると考えの方が妥当であろう。

4.2 ファイル構成

ここでは、まず、本研究で提案する「MPS 自動作成システム」のファイル構成を述べておくことにする。以下のファイルは、MRP システムのファイル（例えば、品目 D/B、業者 D/B、計画ファイル、カレンダー等）との重なりも多いため、データの整合性とデータ入力の効率性を考慮して、MPS 自動作成システムのファイルと MRP システムのファイルの同時インプットを可能にすることが望ましい。すなわち、インプットの際に MPS 自動作成システムのファイルと MRP システムのファイルの両方をオープンし、同時にアップデートするのである。

① 品目 D/B（品目マスター）

キー：品目コード

項目：品目名称、独立需要品目フラッグ、負荷係数、基準単価、生産可能業者・ライン（複数）のコードとその優先度

対象：独立需要品目と納期達成上ネックとなる従属需要品目

② ストラクチャー

キー：品目コード、親品目コード

項目：使用個数

対象：納期達成上ネックとなる従属需要品目

③ 業者 D/B（業者マスター）

キー：業者コード

項目：業者名称、所在地、電話・Fax 番号、eメール・アドレス、URL

最低発注金額と移出可能金額（「発注金額安定化处理」に用いる；4.3 を参照）

対象：独立需要品目と納期達成上ネックとなる従属需要品目を生産する全業者

④ ライン D/B（ライン・マスター）

キー：業者コード、ライン・コード

項目：ライン名称、所在地、電話・Fax 番号、能力係数（1 日の生産能力）

対象：独立需要品目と納期達成上ネックとなる従属需要品目を生産する全ライン

⑤ 製品の月次計画ファイル (受注管理システム or 需要予測システムから受信)

キー: 受注 No. または月次計画 No., 製品の品目コード

項目: 数量, 納期優先度, 客先コード, 納期, 予約済フラッグ, 配分済フラッグ

対象: 製品 (独立需要品目)

⑥ 計画ファイル (現在, 作成している計画のファイル)

キー: 独立需要品目フラッグ, 品目コード, 業者コード, ライン・コード, 生産日, 受注 No. または月次計画 No.

項目: 数量, 客先コード, 納期, 納期エラー・サイン, 予約フラッグ

対象: 独立需要品目と納期達成上ネックとなる従属需要品目

⑦ 確定済計画ファイル (前回までに作成された計画が登録されているファイル)

キー: 計画月, 独立需要品目フラッグ, 品目コード, 業者コード, ライン・コード, 生産日, 受注 No. または月次計画 No.

項目: 数量, 客先コード, 納期

対象: 独立需要品目と納期達成上ネックとなる従属需要品目

⑧ 余力ファイル

キー: 業者コード, ライン・コード, 年月日, 予約フラッグ

項目: 余力 (休日は 0), 負荷係数

対象: 独立需要品目と納期達成上考慮すべき従属需要品目

⑨ カレンダー

キー: 業者コード, ライン・コード, 年月日

項目: 休日サイン

対象: 独立需要品目と納期達成上ネックとなる従属需要品目を生産する全ライン

⑩ 予約計画ファイル (新製品, 特注等, 自動計画配分前に予約を行うためのファイル)

キー: 独立需要品目フラッグ, 品目コード, 業者コード, ライン・コード, 生産日, 受注 No. または月次計画 No.

項目: 数量, 客先コード, 納期, 納期エラー・サイン

対象: 独立需要品目と納期達成上ネックとなる従属需要品目

⑪ 計画作成パラメータ・ファイル

項目: 製品の計画期間 (from, to), 部品の計画期間 (from, to), 製品の検査・運搬 LT

(リードタイム)、部品の検査・運搬LT、納期エラーの処置サイン（配分するかしないか）

4.3 MPS 作成手順

まず、新製品、特注等、自動計画配分を行わない（優先してラインを割り当てる）計画の予約を手入力にて行う。これらの製品およびそれに使用する部品については、自動計画配分の処理から除外する。ただし、これらの生産にかかる負荷については自動計画配分の際に反映させる。

次に、受注管理システムまたは需要予測システムから受信した全製品の月次計画（1ヶ月分）に対して、業者への発注金額の安定化を図るための「発注金額安定化処理」を行う。そして、それぞれの月次計画に関して、部品（納期達成上ネックとなる従属需要品目）の仮計画を作成してから、製品（独立需要品目）の計画を作成し、これをすべての製品の月次計画に対して繰り返すという手順でMPSの自動作成を行う。さらに、これにより作成された製品の計画をMRPシステムに送信し、それがMRPシステムにおけるMPSとなるのである（図1を参照）。このような計画作成手順の詳細については、以下のStep1～Step7の通りである。

ただし、ここで作成される部品の計画は「仮計画」であり、正式な発注オーダーはMRPシステムの中で、在庫、発注残やロットまとめ等を加味して発行される。それでも、製品の計画（MPS）の作成時に部品の生産能力が考慮されているために、「ムリな納期」は設定されなくなる。

Step 1：新製品、特注等の計画の予約手入力

自動計画配分を行う前に新製品、特注等、生産ラインや生産日をあらかじめ固定したい品目（製品・部品の両方）について、予約計画ファイルに予約の手入力を行う。なぜなら、新製品、特注等、何らかの新しい仕様が含まれている製品については、生産の立ち上げのためにあらかじめラインや日程が決められていることが多く、これらをコンピュータのロジックによって自動計画配分すると、予定されているラインや生産日と異なってしまう可能性が高いからである。そこで、これらの製品およびそれに使用する部品については、自動計画配分処理の対象から除外するのである。ただし、これらの生産にかかる負荷および発注金額についてはStep2以降の処理の際に反映させる。

Step 2：業者に対する「発注金額安定化処理」

全製品の月次計画（1ヶ月分）を受注管理システムまたは需要予測システムから受信した上で、これらの製品とそれに使用する部品（ただし、部品についてはストラクチャーに登録されている品目のみ）を品目D/Bの第1優先ラインに配分した場合の業者別発注金額を算出する。その際の単価については、品目D/Bの基準単価を使用する。そして、業者D/Bの最低発注金額を下回る業者は、移出可能金額を上回る業者から（移出可能金額を下回らない範囲で）生産可能な品目を移動するように、品目D/Bをコピーしたワーク・ファイルの業者・ライン優先度を書き換え

る。これにより、可能な限り最低発注金額を上回る、あるいは近づけるようにする。これは、上で述べた特徴「③業者に対する発注金額の安定化」を意図したものである。

ただし、これにより発注金額の安定化を図ることができる業者は「MPS 自動作成システム」の対象となる品目（製品および納期達成上ネックとなる部品）を生産する業者のみであり、しかも対象となる業者であっても品目 D/B に登録された品目のみが発注金額に反映される。そこで、もし全業者を対象とすべきであるならば、システムは複雑になるが、「MPS 自動作成システム」の品目 D/B とその基準単価を使用するのではなく、MRP システムの品目 D/B と単価 D/B を使用することになる。

Step 3：各製品の月次計画データ単位での部品（従属需要品目）の仮計画の作成

納期の早い製品の月次計画の順に、ストラクチャーのレベルを下までたどって、レベルの深い品目から、上記の優先度の高いラインに計画（仮計画）を配分していく。その際、パラメータで設定した計画期間の from から順に、品目の負荷（品目 D/B の負荷係数）と 1 日のライン能力（ライン D/B の能力係数）にしたがって計画を埋めていく。

これよりも上位のレベルの部品については、作成した下位のレベル（前工程）の計画に対して検査・運搬 LT（パラメータ）後の日から、上位のレベル（後工程）の部品の計画を配分していくことになる。そして、この処理を上位のレベルの品目が製品になるまで繰り返す。

Step 4：各製品の月次計画データ単位での製品（独立需要品目）の計画作成

上で作成された部品の仮計画（複数の部品がある場合は、遅い日付の計画）に対して検査・運搬 LT 後の日から、優先度の高いラインに製品の計画を配分していく。もし、ストラクチャーの下位に部品が登録されていない（制約がない）場合は、そのラインの計画期間の中で余力のある（空いている）最も早い日付に配分する。その際の配分は、Step 2 と同様に、品目の負荷と 1 日のライン能力にしたがって行われる。

これにより配分された日付に対して製品の検査・運搬 LT（パラメータ）後の日付が、受注の納期を満足していない（納期エラーの）場合は、第 2 優先のラインに製品を配分し、それでも納期エラーになる場合は第 3 優先、第 4 優先、…の順で配分する。これらがすべて納期エラーになった場合は、ストラクチャーを下にたどり、上位のレベルの部品から順に第 2 優先以降のラインに配分していき、納期エラーの解消を図る。

これらの処置すべてが「納期エラー」となってしまう場合は、「納期エラー・リスト」を出力する。その際、パラメータで「納期エラーを配分する」を選択していれば、計画の最も早い日付のラインに配分し、「納期エラーを配分しない」を選択していれば、この受注分については計画を配分せずに後で調整を行う。

Step 5：全製品の月次計画データに関する製品の計画と部品の仮計画の作成

1 つの受注データに対して行った Step 2 と Step 3 の処理を、すべての受注データに対して繰

り返し行い、全体の計画を作成する。

Step 6：計画配分結果の検討と調整

Step 5 までの処理によって作成された計画を検討し、納期エラーやラインの空き等の問題があれば、それに対する調整を図る。その際の調整方法には、次の 3 つがある。

- ① マスターやパラメータを変更し、再度、上の処理を行う（シミュレーション）。
- ② 問題となる計画分のみ、手入力で修正する。
- ③ 客先との納期調整や、ライン能力、稼働日の調整を行う。

Step 7：MRP システムへの製品の計画（MPS）の送信

ここまでの処理で計画が確定したならば、各種リスト（業者別金額・負荷リスト、品目別計画一覧表、ライン別計画一覧表等）を出力し、「Fix」処理を行う。Fix 処理を行ったならば、MPS 自動作成システムの計画ファイルの内容を確定済計画ファイルに移すと同時に、MRP システムの計画ファイルに送信する。

この計画が、MRP システムにおける基準生産計画（MPS）となり、これを基に資材所要量展開（MRP 展開）を行うことになる。ただし、従属需要品目の配分ラインと MRP システムの品目 D/B の第 1 優先業者が異なる場合は、MRP システムの品目 D/B の優先度を書き換える。

以上の MPS 作成のための処理フローを図示すると、図 1 のようになる。

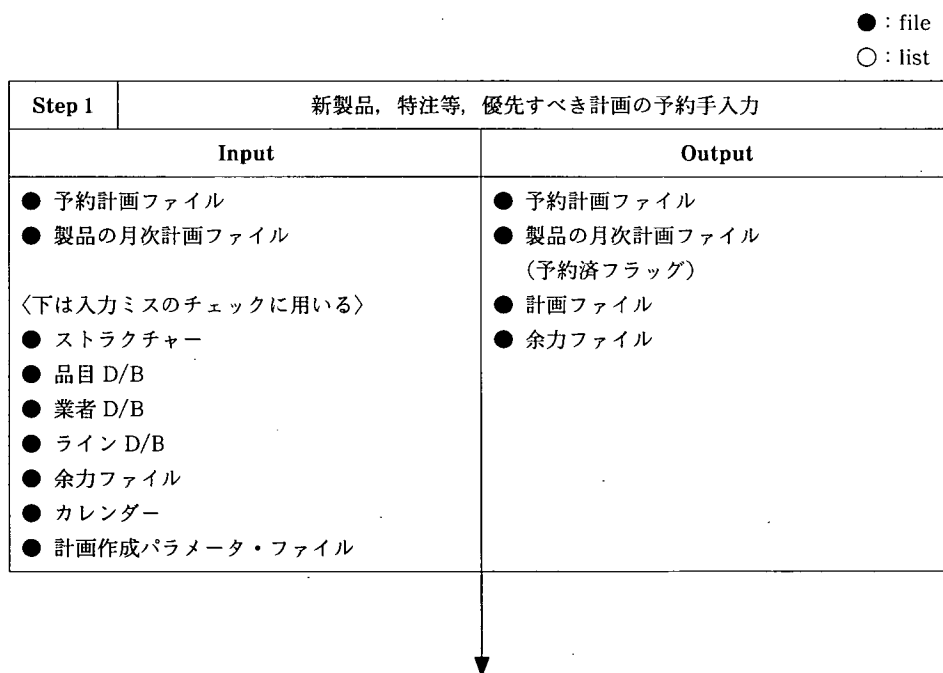


図 1 MPS 作成のための処理フロー

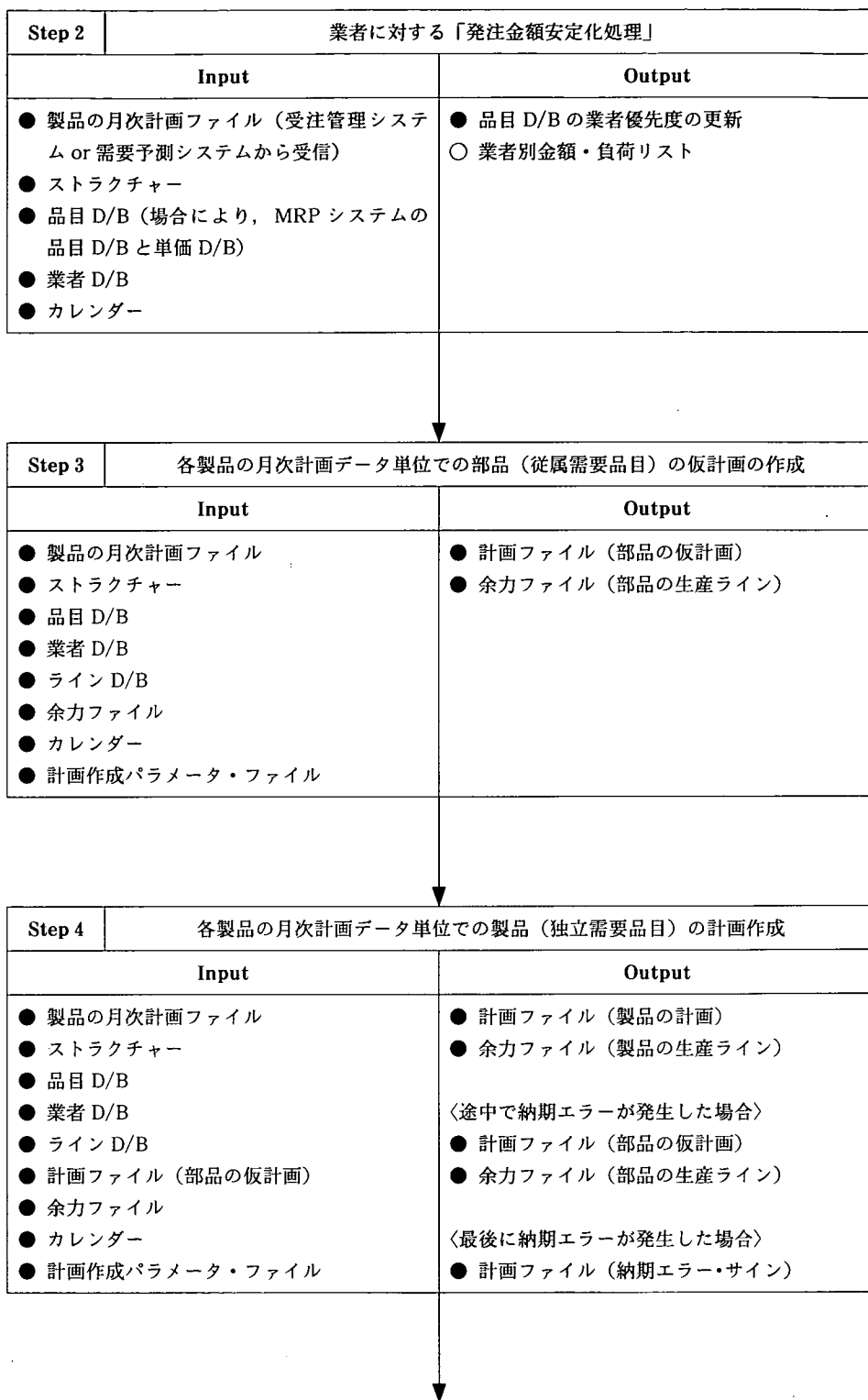


図 1 MPS 作成のための処理フロー

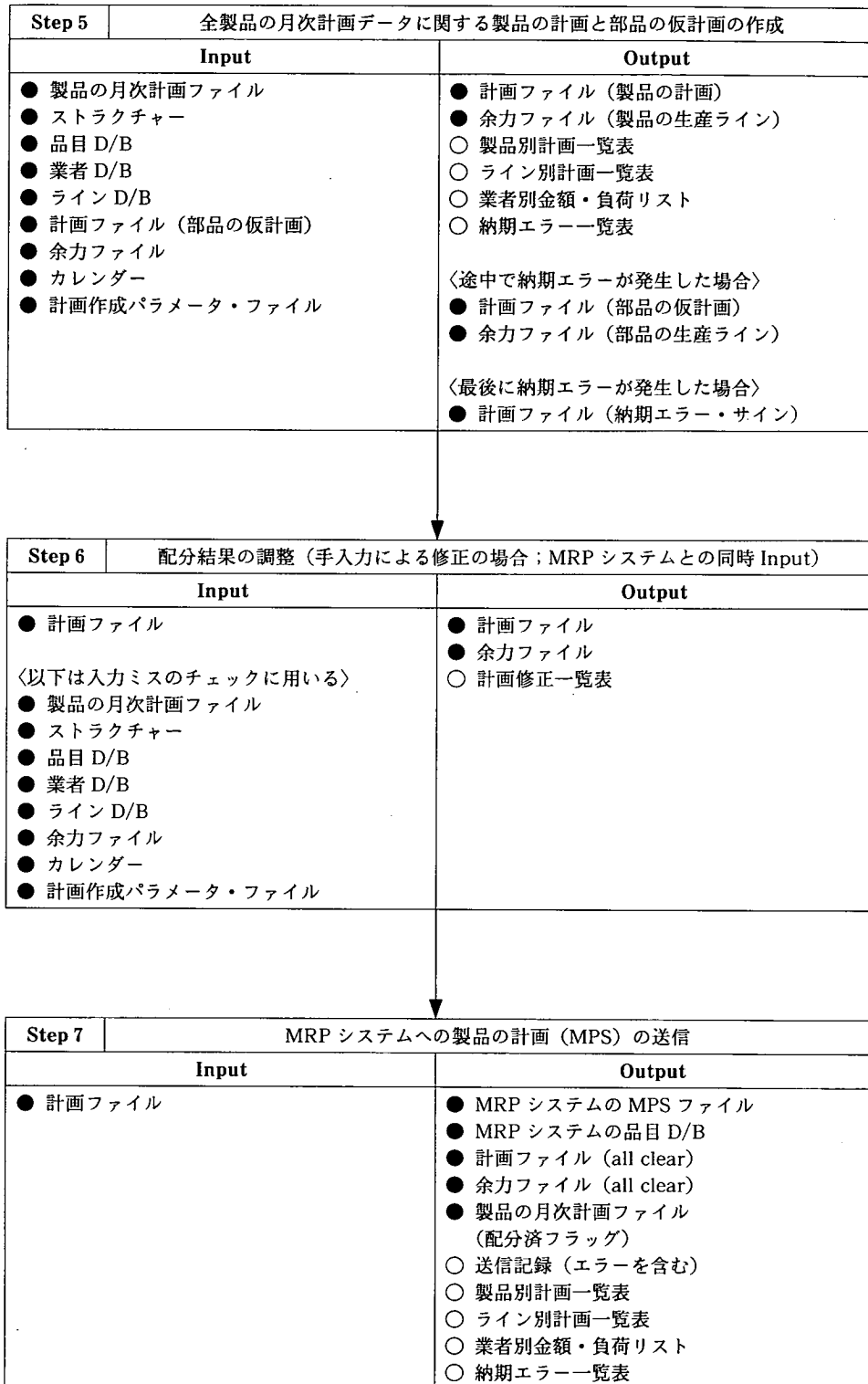


図 1 MPS 作成のための処理フロー

4.4 期待される効果

本研究の「MPS 自動作成システム」では、これまで MRP システムにおいて人間が作成するとされてきた MPS を自動的に作成するとともに、MRP システムに TOC の考え方と業者への「発注金額安定化処理」を導入することにより、下記のように多くの効果を期待することができる。

- ① MPS 作成に費やされる時間が短縮される。
- ② MPS を手入力する手間がなくなる。
- ③ 製品の納期の優先度が MPS に強く反映されるようになる。
- ④ 能力、負荷の計算ミスによるライン計画の不具合がなくなる。
- ⑤ MPS の転記ミスや入力ミスがなくなる。
- ⑥ 納期達成上ネックとなる部品のライン能力が MPS に加味されるようになるため、後になってからの納期調整や納期遅延が減少する。
- ⑦ 提案システムから作成された部品の仮計画により、部品の製造ラインにおいてどのような順序で部品を生産すべきかが明確になる。
- ⑧ 「発注金額安定化処理」により、業者への発注金額の変動が小さくなる。

とりわけ、①と⑥については、従来の MPS 作成方法では実現不可能な項目であり、提案システムの期待される効果の大きさを表している。

5. おわりに

本研究では、生産管理システムとして最も広く企業に普及している MRP システムが、部品の生産負荷を考慮していないという問題点をふまえて、MRP システムに TOC のロジックを組み込むことを試みた。それと同時に、MRP システムにおいてこれまで人手に頼ってきた MPS の作成を自動化することをめざし、「MPS 自動作成システム」を提案した。

この提案システムは、MRP システムの MPS を作成する際に、ボトルネックとなる工程を見つけ、その生産能力に MPS を合わせ込むようにするものである。また、業者への発注金額の安定化についても考慮し、そのための「発注金額安定化処理」を組み込んだシステムである。これにより自動作成された MPS を MRP システムに与えれば、これまでの MRP システムの枠組みの中で、所要量計算、オーダー発行、在庫管理といった一連の処理を自動的に行うことが可能となる。

提案システムでは、従来の MRP システムのデータベースと運用ノウハウを生かしながら、TOC に基づくサプライチェーン全体のマネジメントを行うため、システムの導入に対する障害が比較的小さいものと考えられる。さらに、提案システムは、これまで人手に頼って非常に手間がかかっていた MPS 作成を、自動化する際の新たな方向性を示唆するものとなろう。

今後、本研究の提案システムのコンセプト、ロジックに基づき、プロトタイプのソフトウェアを実際に開発していきたい。

〈本研究は、学術フロンティア推進事業「先端的グローバル・ビジネスとITマネジメント」の大型プロジェクトにおける研究活動の一環として行われたものである。〉

注

(1) 筆者は、先行研究[5]において、サプライチェーンを一つのシステムとして捉え(図2)、SCMにおけるスループットを下記のように定式化している。

サプライチェーンは、一般にサプライヤー、メーカー、キャリアー、ディストリビューター、小売業者等で構成される多段階のシステムである。これらの各段階を「工程*i*」と呼ぶことにすれば、「*m*個の工程」から構成されるサプライチェーンを考えることになる。

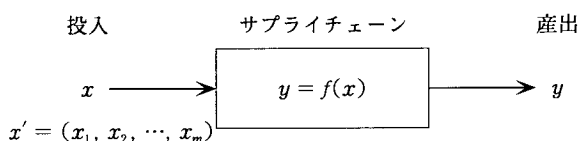


図2 サプライチェーンのシステム表現

このサプライチェーンにおいて、各工程*i* (*i* = 1, 2, ..., *m*) はサプライチェーンの外部から財 x_i を投入し、価値を高める活動を行う。このとき、スループット p は、産出と投入の差として、(1)式のように表される。

$$p = y - x' \cdot I \quad (1)$$

ただし、 $x = (x_i)$, $I' = (1, 1, \dots, 1)$

ここで、戦略 j ($j = 1, 2, \dots, n$) を考えると、これらの戦略 j は、サプライチェーン全体の経営資源をいかに配分するかを表すものであり、その配分の仕方によって投入と産出の関係(スループット)が異なってくる。そこで、投入、産出、スループットに添字 j を導入することにより、(1)式は次のように書き換えられる。

$$p_j = y_j - x'_j \cdot I \quad (2)$$

TOCは、スループット p_j をなるべく大きくするための、ボトルネックに注目した戦略であるため、サプライチェーンの中で制約条件となるボトルネック工程を $i = 0$ で表せば、すべての工程をボトルネックの処理速度 v_0 に合わせ込むことになる。これは、SCMにおける「同期化」(synchronization)を意味する。このとき、すべての工程において仕掛り在庫は基本的に発生しないため、サプライチェーン外部からの投入量と内部の経営資源がムダなく産出に結びつくことになる。

このようなボトルネックに合わせこむ戦略を $j = 0$ で表せば、 $x = (x_0)$ は処理速度 v_0 に必要な外部からの投入量となる。TOCの基本的な考え方は、他の多くの戦略 j ($j = 1, 2, \dots$) に対して次式が成立することである。

$$p_0 = y_0 - x'_0 \cdot I > p_j = y_j - x'_j \cdot I \quad (3)$$

(3)式は、TOCに従った戦略 $j = 0$ を選択した場合の産出と外部からの投入との差、すなわちス

ループット p_0 が、他の戦略 $j = 1, 2, \dots$ を取った場合のスループットよりも大きいことを表している。さらに TOC では、一度ボトルネックの処理速度 v_0 に合わせ込んだ後、すべての工程を同期化させながら処理速度を向上（改善）させていくことになる。したがって、改善を開始してから t 時点後の改善率を $\alpha(t)$ とすれば、すべての工程の処理速度は常に等しく $\alpha(t) \cdot v_0$ となる。また、 t 時点後の産出も同様に、 $\alpha(t) \cdot y_0$ となる。

ここで、もし処理速度の向上にともない、各工程 i におけるサプライチェーン外部からの投入量も $\alpha(t)$ 倍になるとすれば、 t 時点後の投入量ベクトル $x_0(t)$ は、

$$x_0(t) = (\alpha(t) \cdot x_{i0}) = \alpha(t) \cdot x_0 \quad (4)$$

となる。このとき、 t 時点後のスループット $p_0(t)$ は、

$$p_0(t) = y_0(t) - x_0'(t) \cdot I = \alpha(t) \cdot (y_0 - x_0' \cdot I) = \alpha(t) \cdot p_0 \quad (5)$$

となる。すなわち、すべての工程の処理速度を同期化させながら $\alpha(t)$ 倍に改善することにより、スループット $p_0(t)$ も $\alpha(t)$ 倍に向上させることができるのである。ここで注意すべきことは、すべての工程を同期化させながら改善を進めていくために、処理速度が上昇しても仕掛り在庫が発生しないことである。このことが、(3)式における TOC の優位性をさらに拡大させるのである。

- (2) 大手メーカー A 社では、MRP システムが所要量展開の際に従属需要品目の生産負荷を考慮していないことによって、ある決まった部品（SCM におけるボトルネック）ばかりが納期遅延を起こす状況を問題視し、ボトルネックとなる可能性のある部品の負荷を考慮した MPS 作成システムを開発した。本研究は、A 社のシステムの考え方が SCM における TOC に相当することに注目し、A 社のシステムを MRP システムと SCM の枠組みの中で再検討し、一般的なシステムとして D/B や処理フローを体系化したものである。

参考文献

- [1] 山下洋史：人的資源管理の理論と実際，東京経済情報出版（1996）
- [2] 藤野直明：「サプライチェーン その本質と企業戦略」，ダイヤモンド・ハーバード・ビジネス編集 部編『サプライチェーン 理論と戦略』，ダイヤモンド社，pp. 3-43（1998）
- [3] プライスウォーターハウスクーパースコンサルタント SCM グループ：eSCM，東洋経済新報社（2000）
- [4] 山下洋史：“e-SCM における顧客満足と「潜在的組織参加者」の概念”，明大商学論叢，Vol. 84，No. 1，pp. 129-146（2002）
- [5] 山下洋史：“e-SCM に関する TOC 戦略フレームワーク”，明大社研紀要，Vol. 40，No. 2，pp. 57-71（2002）
- [6] 山下洋史：“e-SCM における顧客満足（CS）フレームワーク”，日本経営システム学会第 27 回全国研究発表大会講演論文集，pp. 43-46（2001）
- [7] 金子勝一，山下洋史：“e-SCM における「二重の情報共有」”，日本経営システム学会第 27 回全国研究発表大会講演論文集，pp. 47-50（2001）
- [8] 松丸正延，山下洋史他：“Global e-SCM の概念”，日本経営システム学会第 27 回全国研究発表大会講演論文集，pp. 39-42（2001）
- [9] 山下洋史：“サプライチェーン・マネジメントと拡張代替的双対モデル”，明大商学論叢，Vol. 83，No. 2，pp. 213-232（2001）
- [10] 加藤治彦，竹之内隆，村上 悟：TOC 戦略マネジメント，日本能率協会マネジメントセンター（1999）
- [11] Goldratt, E. M.: The Goal (2nd revised edition), North River Press (1992)
- [12] 田中政光：イノベーションと組織選択，東洋経済新報社（1990）

- [13] 山下洋史, 金子勝一: 情報化時代の経営システム, 東京経済情報出版 (2001)
- [14] 山下洋史, 尾関 守: “組織における学習の二面性に関する研究”, 日本経営工学誌, Vol. 45, No. 3, pp. 246-251 (1994)
- [15] Lancioni, R. A., Smith, M. F. and Oliva, T. A.: “The Role of the Internet in Supply Chain Management,” *Industrial Marketing Management*, No. 29, pp. 45-56 (2000)
- [16] Hammer, M. and Champy, J. 著, 野中郁次郎監訳: リエンジニアリング革命, 日本経済新聞社 (1994)
- [17] 山下洋史: “日本企業の組織特性とリエンジニアリング”, 日本経営システム学会誌, Vol. 14, No. 1, pp. 43-48 (1997)
- [18] 山下洋史編著, 金子勝一, 田島 悟著: On the Job Computing, 経林書房 (1998)
- [19] 金子勝一, 山下洋史: “情報の活性化と透明化に関する研究”, 日本経営システム学会誌, Vol. 14, No. 2, pp. 85-90 (1998)
- [20] 金子勝一, 山下洋史: “組織と情報の活性化のための職場内コンピューティング”, 日本経営システム学会誌, Vol. 14, No. 2, pp. 91-96 (1998)
- [21] 山下洋史: “職場内情報処理教育訓練について”, 日本経営システム学会誌, Vol. 16, No. 1, pp. 59-64 (1999)
- [22] 山下洋史: “日本の組織における「支援」の役割”, 支援基礎論研究会編『支援学』, 東方出版 (2000)
- [23] 金子勝一, 山下洋史編著: ネットワークとオートメーション, 宣協社 (1999)
- [24] 山下洋史: “図書館における二段階の管理-支援モデル”, 明治大学図書館紀要 (図書の譜), No. 5, pp. 46-70 (2001)
- [25] 山下洋史: “管理と支援の側面からみた人事情報の役割”, 明大商学論叢, Vol. 84, No. 3, pp. 37-52 (2002)